

Docket No.: 50395-124

#3
29 Jan 02
Patent
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Makoto KATAYAMA, et al.

Serial No.:

Group Art Unit:

Filed: November 21, 2001

Examiner:

For: OPTICAL DEVICE

11002 U.S. PTO
09/993410
11/26/01

CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:


In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 2000-366912, filed December 12, 2000

cited in the Declaration of the present application. A Certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Arthur J. Steiner

Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 AJS:prp
Date: November 26, 2001
Facsimile: (202) 756-8087

50395-124
KATAYAMA et al.
November 21, 2001

日 本 国 特 許 庁 *McDermott, Will & Emery*
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月 1日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-366912

出 願 人

Applicant(s):

住友電気工業株式会社



2001年 6月12日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2001-3054912

【書類名】 特許願

【整理番号】 100Y0322

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/00

G02B 6/12

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 片山 誠

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 西村 正幸

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100078813

【弁理士】

【氏名又は名称】 上代 哲司

【選任した代理人】

【識別番号】 100102691

【弁理士】

【氏名又は名称】 中野 稔

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008224

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9909803

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上にコアと該コアを覆うクラッドとが形成された光導波路と、該光導波路の厚さ以上の深さを有し前記コアを横切るように設けられた溝と、該溝内に該溝壁により形成された前記コアの端面の前に位置するように移動可能に配置された光減衰機能を有する光学素子と、該光学素子と連結して該光学素子を移動させるアクチュエート機能部とからなることを特徴とする光デバイス。

【請求項 2】 前記光学素子は、前記アクチュエート機能部によって前記溝の伸びる方向に沿って移動可能であり、前記コアからの信号光の受光面に複数の離散的に異なる光減衰量を付与するミラーが配列してなるミラー部を有することを特徴とする請求項 1 記載の光デバイス。

【請求項 3】 前記溝を境とする一方側が、該一方側の前記光導波路におけるコアに電氣的に熱位相シフトを生じさせて該コアを伝搬する信号光の減衰量を可変にさせる光可変減衰手段を備える導波路型光可変減衰部であることを特徴とする請求項 1 ないし 2 記載の光デバイス。

【請求項 4】 請求項 3 において、前記光学素子を前記溝の伸びる方向に移動させることによって発生する離散的に可変な光減衰量を、前記導波路型光可変減衰部で発生する連続的に可変な光減衰量で補間することにより、動作可能な光減衰量を有する光デバイスを構成することを特徴とする請求項 3 記載の光デバイス。

【請求項 5】 請求項 3 において、前記アクチュエート機能部は、前記基板表面上に設けられかつ前記光導波路に沿って伸びた第 1 の櫛形電極と、該光導波路に沿って伸びると共に該第 1 の櫛形電極に対向するように該基板表面に設けられた第 2 の櫛形電極と、該第 1 及び第 2 の櫛形電極の間に位置し、前記光学素子を支持した状態でその一部が該基板表面から離間している櫛形フローティング電極とを備えたことを特徴とする光デバイス。

【請求項 6】 請求項 2 または 3 において、前記光学素子が実質的に光信号を遮断するような光減衰機能を有することを特徴とする光デバイス。

【請求項 7】 請求項 6 において、前記光学素子の前記信号光の受光面は前記信号光が逆戻りしないように凸凹形状から構成されていることを特徴とする光デバイス。

【請求項 8】 請求項 6 において、前記光学素子における前記信号光の受光面の材質は前記信号光が逆戻りしないように光吸収性の高いものから構成されていることを特徴とする光デバイス。

【請求項 9】 動作可能な光減衰量の全領域において偏波依存性損失が 0.2dB 以下であることを特徴とする請求項 1 ～ 8 記載の光デバイス。

【請求項 10】 請求項 9 で動作可能な光減衰量の最大値が 40dB 以上であることを特徴とする光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、WDM 通信において光増幅器等と共に用いるのに好適な光可変減衰機能または光遮断機能を有する光デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

WDM 通信は、送信局から送出された波長 1.55 μm 帯の多波長の信号光を光ファイバ伝送路に一括して伝送させ、受信局で受信することにより大容量・高速の光通信を行うものである。多波長の信号光を受信局で正常に受信するためには、受信局に到達する多波長の信号光の強度がほぼ等しくなるように、送信局側で強度調整を行う必要がある。そこで、多波長の信号光それぞれにおける光ファイバ伝送路での伝送損失の差や伝送路の途中に配備される光増幅器の利得の差を補償するような光可変減衰器が必要とされていた。

【0003】

例えば、文献「大塚ら、1997 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、B-10-101」には、多波長の信号光それぞれを分波する光分波器と、分波された各信号光毎に個別に設けられた光可変減衰器を備える多チャネル光可変減衰器が示されている。この多チャネル光可変減衰器では、スペクトルモニタによ

リモニタされた各信号光のパワーに基いて、個々の光可変減衰器における減衰量が制御されて、多波長の信号光それぞれのパワーは互いにほぼ等しくされる。

【0004】

従来の光可変減衰器の一例が、文献「河内ら、1997年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、B-10-61」に示されている。この光可変減衰器は図1に示すように、基板1上にコアと該コアを覆うクラッドとが形成された光導波路からなるマッハツェンダ型干渉系12と、そのマッハツェンダ型干渉系12の光路の少なくとも一方を加熱するヒーター9とを備えている。この光可変減衰器では、ヒーターによる加熱によってマッハツェンダ型干渉系における2本の光路の少なくとも1本に熱位相シフトを生じさせて、2本の光路間の位相差を調整することにより光の減衰量を制御する。

【0005】

また、特開昭62-183406には、マッハツェンダ型干渉系を縦続して多段に接続させることによって、1段のものと比較して広範な光減衰量可変領域を有する導波路型光可変減衰器が報告されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

光減衰器を実際の光伝送システムに使用する場合、動作可能な光減衰量可変領域としておよそ0~35dB以上、望ましくは40dB以上が要求される場合がある。従来の導波路型光可変減衰器において光減衰量を所望の値まで高めるには、図1のマッハツェンダ型干渉系の縦続した段数を4枚以上に増やせば良いが、この場合にはヒーターの個数が増えてしまい、およそ1W以上の消費電力を要してしまう。

【0007】

また、縦続したマッハツェンダ型干渉系の段数を多段に増やせば光導波回路の全長が長くなり、回路の小型化・集積化の点で困難が生じる。同時に信号光が導波路を伝搬する光路長も長くなり、導波路自体の伝搬損失によって挿入損失が増大する問題も発生してしまう。

【0008】

更に、マッハツェンダ型干渉系の光路に熱位相シフトさせる方式の光可変減衰

器においては、加熱する光路の箇所が上部クラッド一面のみである点およびヒーター材質が光導波路材質と異なることに起因する熱膨張率差によって、ヒーター加熱による光導波路の温度上昇と共に光導波路に複屈折が生じてしまう。これにより、熱位相シフト量を高く設定しようと光導波路の温度を大幅に上昇させる場合、同時に光減衰量の偏波依存性も大きくなり、光学特性が著しく劣化してしまう。

【0009】

市販されている導波路型光可変減衰器においては、光減衰量10dBでの偏波依存性損失(PDL)は約0.3dB、光減衰量15dBでのPDLは約0.7dBであり、光伝送システムに要求される理想的なPDLである0.2dB以下には及ばない特性であった。この方式の導波路型光可変減衰器における光減衰量とPDLとの関係を表わす典型的なデータを図2に示す。

【0010】

この発明は、以上のような課題を解決するためになされたものであり、低消費電力で小型・集積化に優れ、挿入損失および偏波依存性共に良好な特性を有する光可変減衰機能または光遮断機能を有する光デバイスを提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る光デバイスは、基板上にコアと該コアを覆うクラッドとが形成された光導波路と、該光導波路の厚さ以上の深さを有し前記コアを覆うクラッドに設けられた溝と、該溝内に保持され光減衰機能を有する光学素子と、前記光学素子を移動させるアクチュエート機能部とから構成され、前記アクチュエート機能部により前記光学素子を移動させることによって前記光導波路を伝搬する信号光の減衰量を可変にすることを特徴としている。

【0012】

また、この発明に係る光デバイスは、マッハツェンダ型干渉系における2本の光路の少なくとも1本に電氣的に熱位相シフトを生じさせて光減衰量を可変にする導波路型光可変減衰部をさらに有する構成の光デバイスであっても良い。

【0013】

アクチュエート機能部は微小・軽量の光学素子を移動させるので、消費電力の低減、応答速度の高速化が実現できる。また、アクチュエート機能部はマイクロデバイスから構成されるので、従来のマツハツェンダ型干渉系における光回路と比較して小型となり、光可変減衰器全体の小型・集積化が実現される。更に、光学素子固有の複屈折が小さいために、広範な光減衰量可変領域にわたって良好な偏波依存性が得られる。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、この本発明に係る光デバイスの各実施形態を、図3～図11を参照しながら説明する。なお、各図において、同じ部分には同じ番号を付して重複する説明を省略する。

【0015】

この発明に係る光デバイスの構造例およびその作用について、図3を用いて説明する。図3(A)は基板表面の上方から見た平面図であり、図3(B)は図3(A)のI-I線に沿った光導波路を含む光学素子およびアクチュエート機構部の断面構造を表わす。導波路基板1上にコア2およびコア2を覆うようにクラッド3が形成されている。コア2を横切るように基板表面に溝4が形成され、その溝4により形成される空間内に光減衰機能を有する光学素子5が保持される。それと同時に溝4の伸びる方向に沿って変位するアクチュエート機能部6を基板1表面上に配置する。アクチュエート機能部6は、変位する方向と相反した方向に、基板1表面あるいは基板1表面に対向した固定部8に支持される。光減衰機能を有する光学素子5において、信号光が当たる受光面5-1には複数の異なる光減衰量を付与するミラーからなるミラー部が配置されている。図4にこのミラー部30の拡大図を示す。およそ0dB、10dB、20dB、40dBの光減衰量を付与するミラー30-1、30-2、30-3、30-4が溝4の伸びる方向に並列している。光学素子5は、支持部7を通してアクチュエート機能部6の変位箇所と接合して保持されている。アクチュエート機能部6の変位箇所が溝4の伸びる方向に沿って変位すると同時に、光学素子5は溝4の伸びる方向に沿って溝内を移動する。

光導波路 23 から溝内に出射された信号光は、直面するミラー 30-1~30-4 の光減衰量に対応して離散的に異なる光減衰を被る。アクチュエート機能部 6 に付加される電圧を制御することによって、光学素子 5 およびミラー 30-1~30-4 の移動量を可変にでき、それに対応して光減衰量を離散的に調整することが可能となる。

【0016】

光学素子 5 に使用されるミラーは、入射する信号光の一部を吸収あるいは反射させる誘電体多層膜、または金、銅、ニッケル等の金属薄膜で作製される。ミラーの透過率を 0.01~100% の間で変化させることによって、光減衰量をおよそ 0~40dB の間で設定できる。透過率は、誘電体多層膜の場合は膜屈折率・膜厚・層数、金属薄膜の場合は材質・組成比を調整すれば制御可能である。

【0017】

一辺の長さが約 10~数 100 μm 、厚みが約 10~100 μm で、重さが数 100mg 以下である微小・軽量の光学素子を移動させるために、アクチュエート機能部 6 の消費電力はおよそ 0.5W 以下となり、従来のヒーター加熱の場合と比較して半分に以下に低減される。また、光学素子の移動に要する応答速度は約 1ms で、ヒーター加熱の場合の応答速度である数 10 ms と比較しておよそ 1~2 桁の高速化が実現できる。

【0018】

また、作製される光デバイスのサイズとして、幅 40mm×長さ 40mm 以下が実現され、従来の等価回路用可変減衰部（インダクタ・キャパシタ・抵抗）のサイズ（幅 40mm×長さ 60mm 以上）と比較して短尺にすることができる。

【0019】

この発明の別の構造例及びその作用について、図 5 を用いて説明する。図 5 (A) は基板表面の上方から見た平面図であり、図 5 (B) は図 5 (A) の I-I 線に沿った光導波路を含む光学素子およびアクチュエート機構部の断面構造を表わす。この場合の光デバイスは、電氣的に熱位相シフトを生じさせて光減衰量を可変にする導波路型光可変減衰部 10 及び光デバイス部 20 とが組み合わされた構成で、光減衰量を可変にするものである。光デバイス部 20 は、導波路型

光可変減衰部 1 0 と共通する一体の基板 1 に、該導波路型光可変減衰部 1 0 における出口側の直線導波路 1 1 のコアを横切る溝 4 と、その溝 4 により形成される空間内に保持され光減衰量が離散的に異なる複数のミラーが取り付けられた光学素子 5 と、光学素子 5 を溝 4 の伸びる方向に沿って移動させるアクチュエート機能部 6 から構成されたものである。

【 0 0 2 0 】

このような構成においては、光減衰量がおよそ 0 ~ 10 dB 以下の領域は導波路型光可変減衰部 1 0 のみで調整し、光減衰量がおよそ 10 dB ~ 40 dB 以上の領域は光減衰機能を有した光学素子から構成される光デバイス部 2 0 または光デバイス部 2 0 と導波路型光可変減衰部 1 0 との併用で調整することが有効である。

【 0 0 2 1 】

光減衰量が大きい領域、例えば 10 ~ 40 dB の領域では離散的に可変な光減衰機能を有した光学素子を用いた光デバイス部 2 0 と連続的に可変な光減衰機能を有した導波路型光可変減衰部 1 0 とを連動させることによって、設定する光減衰量を動作可能な光減衰量の全領域にわたって連続的に可変とすることが可能となる。

【 0 0 2 2 】

図 5 で使用される光学素子 5 の一部として、実質的に光信号を遮断する機能を有するミラー等を取り付けて、アクチュエート機能により溝内の光路中に移動させる構成であっても良い。

【 0 0 2 3 】

このような光遮断機能と有する光学素子とを用いることにより、従来の導波路型光可変減衰器のみでは実現できなかった、連続的に可変な光減衰機能と光遮断機能の両方を併せ持つ光デバイスが得られる。ここで実質的な光遮断とは、光減衰量が 50 dB 以上の極めて減衰が大きな領域で、受光可能なレベルを下回る量の信号光パワーしか伝搬されないことを意味する。

【 0 0 2 4 】

光減衰機能を有する光学素子としては、誘電体多層膜、金属薄膜などのミラーでも良いし、信号光の吸収あるいは散乱を利用した材料でも構わない。また、光減衰機能を有する光学素子および移動方向としては、図 3 に示したものの以外に図

6 (A)、(B) に示したように、半径方向に光減衰量レベルが異なっている円形の光学素子を回転させたり、微小レンズを光の進行方向またはそれに垂直な方向に移動させたりする方法などが上げられる。

【0025】

ここで、光学素子による光減衰量が大きな領域においては、光の反射戻り光の抑制が重要となってくる。もし反射戻り光量が大きい場合は、信号光を送信するレーザーの発振を不安定にさせたり、反射戻り光の一部が他の伝送路に漏洩してしまう問題が発生するためである。

【0026】

光の反射戻り抑制に対しては、光が入射してきた方向に逆戻りしないように、光学素子における信号光の受光面を凸凹形状に微細加工して戻り方向から外れた方向のみの光反射・散乱が主要となるようにすることが有効である。別の手段として、光の反射自体を抑制するように、光学素子における信号光の受光面の材質を光吸収性の高いものから構成するのが有効である。光吸収性の高い材料としては、有機材料、セラミックなどが適切である。

【0027】

【実施例1】

実施例1について、図5を用いて具体的に説明する。導波路基板1であるシリコン基板上に石英系ガラスからなる下部クラッド層3-1（膜厚 $20\mu\text{m}$ ）、コア層（膜厚 $7\mu\text{m}$ ）を堆積した後、コア層を光回路形状に微細加工してコア2を形成する。コア2の両端にそれぞれ上部クラッド層3-2（膜厚 $20\mu\text{m}$ ）を堆積する。クロム薄膜（膜厚 $1\mu\text{m}$ ）を蒸着した後にマッハツェンダ型干渉系における一方の光路を覆うようなヒーター形状に微細加工して、マッハツェンダ型干渉系の光回路12およびヒーター9からなる導波路型光可変減衰部10が作製される。続いて、マッハツェンダ型干渉系の出口側の直線導波路部11には、コアを横切るように溝4（溝幅 $50\mu\text{m}$ 、溝深さ $100\mu\text{m}$ ）がダイサー加工される。その溝4内には離散的に異なる光減衰機能を有する小型な光学素子5が配置される。同時にその溝4の伸びる方向に変位するアクチュエート機能部6が固定部8により基板1表面上に取り付けられ、アクチュエート機能部6の一端と光学素子5とが支持

部 7 を介して接合されている。光学素子 5 の信号光が当たる受光面 5-1 にはミラーが取り付けられている。図 7 にこのミラー部 30 の拡大図を示す。おおよそ 0dB、5dB、10dB、15dB、20dB、25dB、30dB、35dB の光減衰量を有するミラー 30-1 ~ 30-8 が並列している。本実施例におけるミラーは誘電体多層膜 (SiO_2 - TiO_2 積層膜) で作製されていて、離散的に異なる光減衰量は多層膜の膜厚及び層数で調整される。

【0028】

図 8 に本発明に係る光デバイスにおけるアクチュエート機能部 6 の構成概略図を示す。アクチュエート機能部 6 は、溝 4 を挟んで導波路基板 1 の表面上に形成された 1 対の櫛形電極から形成された駆動部分 100A、100B から構成されている。駆動部分 100B は、櫛歯側が互いに対向して導波路基板 1 の表面に設けられた第 1 の櫛形電極 110 及び第 2 の櫛形電極 120 と、これら第 1 及び第 2 の櫛形電極 110、120 の間に位置し、その一部が導波路基板 1 の表面から離間している櫛形フローティング電極 130 とを備える。櫛形フローティング電極 130 は、櫛形電極 130a と、導波路基板 1 の表面に直接形成されたベース部分 130c と、櫛形電極 130a とベース部分 130c とを連結すると共に該櫛形電極 130a を導波路基板 1 の表面から所定距離離間した状態で支持する板バネ 130b とを備える。櫛形電極 130a は、板バネ 130b から延びて設けられている櫛幹 115 の両側に直角方向に第 1 の櫛形電極 110 及び第 2 の櫛形電極 120 の櫛歯側に向かって、これらの櫛歯の間に接触しないように設けられている。また、光学素子 5 が取り付けられた支持部 7 は、駆動部分 100A、100B における各櫛形フローティング電極 130 によって、溝 4 の一部を覆うように支持されている。

【0029】

第 1 の櫛形電極 110 及び櫛形フローティング電極 130 に所定の電圧が印加されると、導波路基板 1 の表面から離間している櫛形フローティング電極 130 が、板バネ 130b の変形を通して全体的に第 1 の櫛形電極 110 に電気力で引っ張られる。このように、櫛形フローティング電極 130 の位置が図 8 中の矢印 S1 で示された方向に移動することにより、駆動部分 100A、100B それぞ

れの櫛形フローティング電極 1 3 0 により保持された支持部 7 及び光学素子 5 も矢印 S 1 で示された方向に移動することになる。同様に第 2 の櫛形電極 1 2 0 及び櫛形フローティング電極 1 3 0 に所定の電圧が印加されると、導波路基板 1 の表面から離間している櫛形フローティング電極 1 3 0 が、全体的に第 2 の櫛形電極 1 2 0 に電気力で引っ張られる。このように、櫛形フローティング電極 1 3 0 の位置が図 8 中の矢印 S 1 で示された方向とは逆方向に移動することにより、連動して櫛形フローティング電極 1 3 0 により保持された支持部 7 及び光学素子 5 も矢印 S 1 で示された方向とは逆方向に移動することになる。以上のように、第 1 または第 2 の櫛形電極 1 1 0、1 2 0 及び櫛形フローティング電極 1 3 0 に印加する電圧を制御することによって、光学素子 5 を溝の伸びる方向に沿って所望の変位量だけ移動させることが可能となる。

【 0 0 3 0 】

ここで、櫛形フローティング電極 1 3 0 の作製はフォトリソグラフィと反応性イオンエッチング (R I E) の組み合わせで行われ、例えば「応用物理」(第 6 0 巻、第 3 号 (1 9 9 1) p p. 2 2 8 - 2 3 2)、「シリコンマイクロマシーニング先端技術」(サイエンスフォーラム、1 9 9 2 年 3 月)、「シリコンマイクロマシーニングとマイクロメカトロニクス」(培風館、1 9 9 2 年 6 月)などに詳述されている。

【 0 0 3 1 】

光減衰量 0 ~ 35 dB の領域で 5 dB ステップ毎に離散的に可変な光減衰機能を有した光学素子を用いた光アハイム部 2 0 と、光減衰量 0 ~ 35 dB の領域で連続的に可変な光減衰機能を有した導波路型光可変減衰部 1 0 とを連動させることによって、光減衰量 0 ~ 40 dB の全領域を連続的に可変にすることが可能となった。

【 0 0 3 2 】

この実施例で得られた光減衰量と PDL との関係データを図 9 に示す。光減衰量がおおよそ 0 ~ 40 dB と広範な領域で PDL は 0.2 dB 以下と優れた特性であることが確認された。

【 0 0 3 3 】

【実施例 2】

実施例 2 について、図 1 0 を用いて説明する。図 1 0 (A) は基板表面の上方から見た平面図であり、図 1 0 (B) は図 1 0 (A) の I I I - I I I 線に沿った光導波路を含む光学素子およびアクチュエート機構部の断面構造を表わす。図 5 と同様に導波路基板 1 となるシリコン基板上にマッハツェンダ型干渉系の光回路 1 2 およびヒーター 9 からなる導波路型光可変減衰部 1 0 が作製されている。また、マッハツェンダ型干渉系の出口側の直線導波路部 1 1 には、コアを横切るように溝 4' (溝幅 $80\mu\text{m}$ 、溝深さ $100\mu\text{m}$) がダイサー加工されている。溝付近にはアクチュエート機能部 6' が設置されていて、該アクチュエート機能部 6' の溝側部分には光遮断の機能を有する光学素子 5' が取り付けられている。該光学素子 5' の溝 4' 内への出し入れは、後述する電圧印加による歪を利用して行われる。この構成により、アクチュエート機能部 6' の先端が下方に変位して光学素子 5' が溝内に入れられるとコア内を伝搬してきた信号光が溝に入射すると同時に光学素子 5' によって光遮断される。一方、アクチュエート機能部 6' の先端が上方に変位して光学素子 5' が溝外に出されるとコア内を伝搬してきた信号光は溝内でほとんど減衰されずに再び対向するコア内を伝搬していく。

【 0 0 3 4 】

実施例 2 で使用した光学素子における信号光の当たる受光面の断面形状を図 1 1 (A) に、正面図を図 1 1 (B) に示す。表面を凸凹形状に加工することによって、反射戻り光の大部分が入射してきた光導波路に逆戻りしないようになっている。このような光学素子は、シリコンウエハ表面を凸凹形状にエッチング加工することによって形成される。

【 0 0 3 5 】

アクチュエート機能部 6' は光学素子 5' を支持する絶縁層 2 1 0 と、この絶縁層 2 1 0 を挟んだ電極 2 2 0 a、2 2 0 b とを備える。電極の間に所定の電圧が印加されていないとき、絶縁層は実線で示されたように光学素子 5' が溝の外に位置するように曲がった状態で設定されている。なお、電極 2 2 0 a、2 2 0 b 間に所定の電圧が印加されると絶縁層 2 1 0 は図中の矢印 S 2 で示された方向に曲がり、光学素子 5' が溝内に設置される。

【 0 0 3 6 】

ここで、絶縁層 210 および電極 220 a、220 b はポリシリコン膜およびクロム金属膜をフォトリソグラフィ技術、エッチング技術を用いて微細加工することによって作製される。

【0037】

光減衰量が 0~10dB の領域においては、導波路型光可変減衰部単独で動作させる。光遮断が必要な状況においては、アクチュエート機能部 6' を動作させて光減衰量が 50dB 以上の光遮断状態が実現された。また、光遮断状態における反射減衰量は -60dB 未満と良好な値であった。

【0038】

光遮断状態への切り替えにおいても駆動パワーは 0.3W と低消費電力で済み、切り替え応答速度は約 0.1ms と早い応答性が得られた。

【0039】

以上の 2 つの実施例においては、導波路基板としてシリコン基板の場合を説明したが、使用する導波路基板はシリコン材質以外にも石英ガラス、多成分ガラス、アルミナ等のセラミックが適用可能である。また、コアおよびクラッドから構成される光導波路の材質として石英系ガラスを記載したが、半導体系またはポリマー系材質の光導波路でも構わない。

【0040】

これまでの説明においては、基板上に 1 つの導波路型光可変減衰部及び 1 つの光減衰機能を有した光学素子を使用した構成例を記載したが、1 つの導波路型光可変減衰部に 2 つ以上の直列させた光学素子を使用した構成であっても良い。光学素子の設置場所として、マッハツェンダ型干渉系の出口側導波路部以外に入口側導波路部でも同様な作用・効果が得られる。また上記の光デバイスを同一基板上に並列的に配置させた多チャンネル構成であっても良い。特に、WDM 通信においては多チャンネルの信号光を一括して取り扱うために、本発明の光デバイスを同一基板上に並列させる構成を採用すれば一層経済的である。

【0041】

【発明の効果】

本発明によれば、アクチュエート機能により移動する光減衰機能を有した小型

な光学素子と光導波路とから構成される光デバイスを使用することにより、消費電力が低く、小型で集積度が高く、応答速度の早い光可変減衰器が得られる。また、挿入損失が低く偏波依存性の優れた特性が実現される。更に、従来の導波路型光減衰器では達成できないような非常に広範な光可変減衰領域または光遮断状態が実現可能となる。

【 0 0 4 2 】

以上のように本発明の光デバイスを、WDM通信における多チャンネル光可変減衰器として使用すれば極めて効果的である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

従来の光可変減衰器を例示する平面図である。

【図 2】

従来の光可変減衰器の光減衰量とPDLとの関係を表わす典型的データを示すグラフである。

【図 3】

本発明の光デバイスの 1 つの実施形態を示す図であり、図 3 (A) は平面図、図 3 (B) は図 3 (A) の I - I 線に沿った横断面図である。

【図 4】

図 3 に示された光学素子の信号光の入射方向から見た拡大図である。

【図 5】

本発明の光デバイスの別の実施形態を示す図であり、図 5 (A) は平面図、図 5 (B) は図 5 (A) の I I - I I 線に沿った横断面図である。

【図 6】

図 6 (A) は本発明における光学素子が回転する場合の配置を例示する概念図である。図 6 (B) は光学素子がレンズの場合の移動する方向を例示する別の概念図である。

【図 7】

実施例 1 で使用された光学素子の信号光の入射方向から見た拡大図である。

【図 8】

実施例 1 で使用されたアクチュエート機能部の一構成を表わす概略図である。

【図 9】

実施例 1 における光減衰量と PDL との関係を表わすデータを示すグラフである。

【図 1 0】

本発明の実施例 2 における構成図であり、図 1 0 (A) は平面図で、図 1 0 (B) は図 1 0 (A) の I I I - I I I 線に沿った横断面図である。

【図 1 1】

図 1 1 (A) は実施例 2 で使用された光学素子の断面形状を表わす概略図であり、図 1 1 (B) は信号光の入射方向から見た正面図を表わす。

【符号の説明】

- 1 : 導波路基板
- 2 : コア
- 3 : クラッド
- 3 - 1 : 下部クラッド層
- 3 - 2 : 上部クラッド層
- 4、4' : 溝
- 5、5' : 光学素子
- 5 - 1 : 光学素子の受光面
- 6、6' : アクチュエート機能部
- 7 : 支持部
- 8 : 固定部
- 9 : ヒーター
- 1 0 : 導波路型光可変減衰部
- 1 1 : 直線導波路部
- 1 2 : マッハツェンダ型干渉系光回路
- 2 0、2 0' : 光デバイス部
- 2 3 : 光導波路
- 3 0 : ミラー部

3 0 - 1 ~ 3 0 - 8 : ミラー

1 0 0 A, 1 0 0 B : 駆動部分

1 1 0 : 第 1 の 櫛形電極

1 1 5 : 櫛幹

1 2 0 : 第 2 の 櫛形電極

1 3 0 : 櫛形フローティング電極

1 3 0 a : 櫛形電極

1 3 0 b : 板バネ

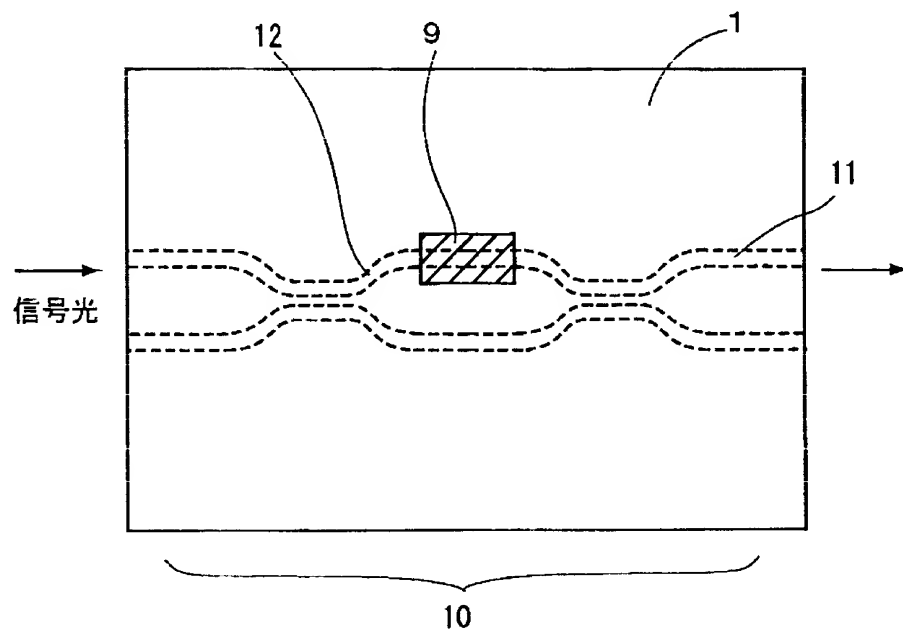
1 3 0 c : ベース部分

2 1 0 : 絶縁層

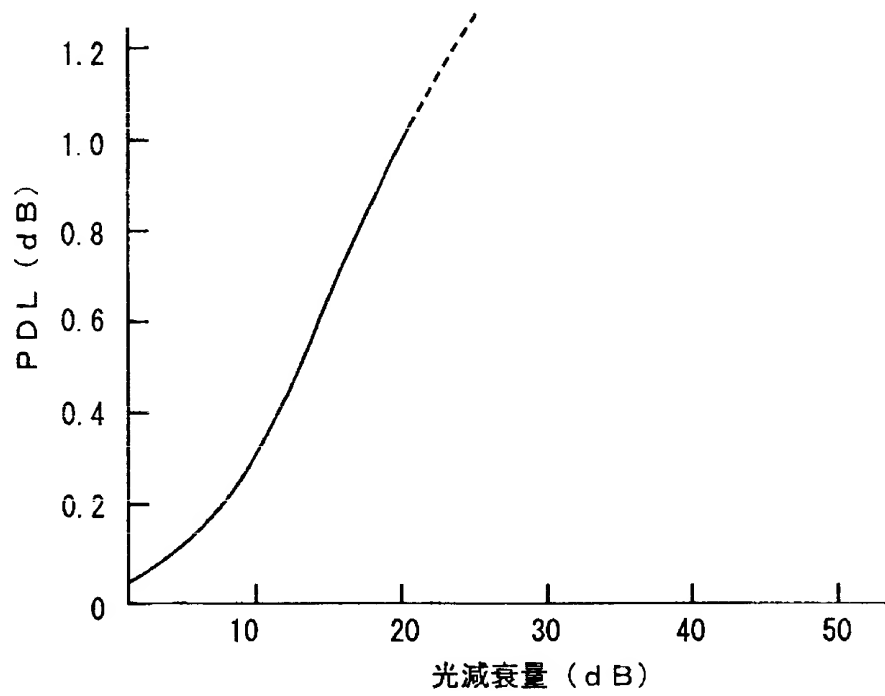
2 2 0 a, 2 2 0 b : 電極

【書類名】 図面

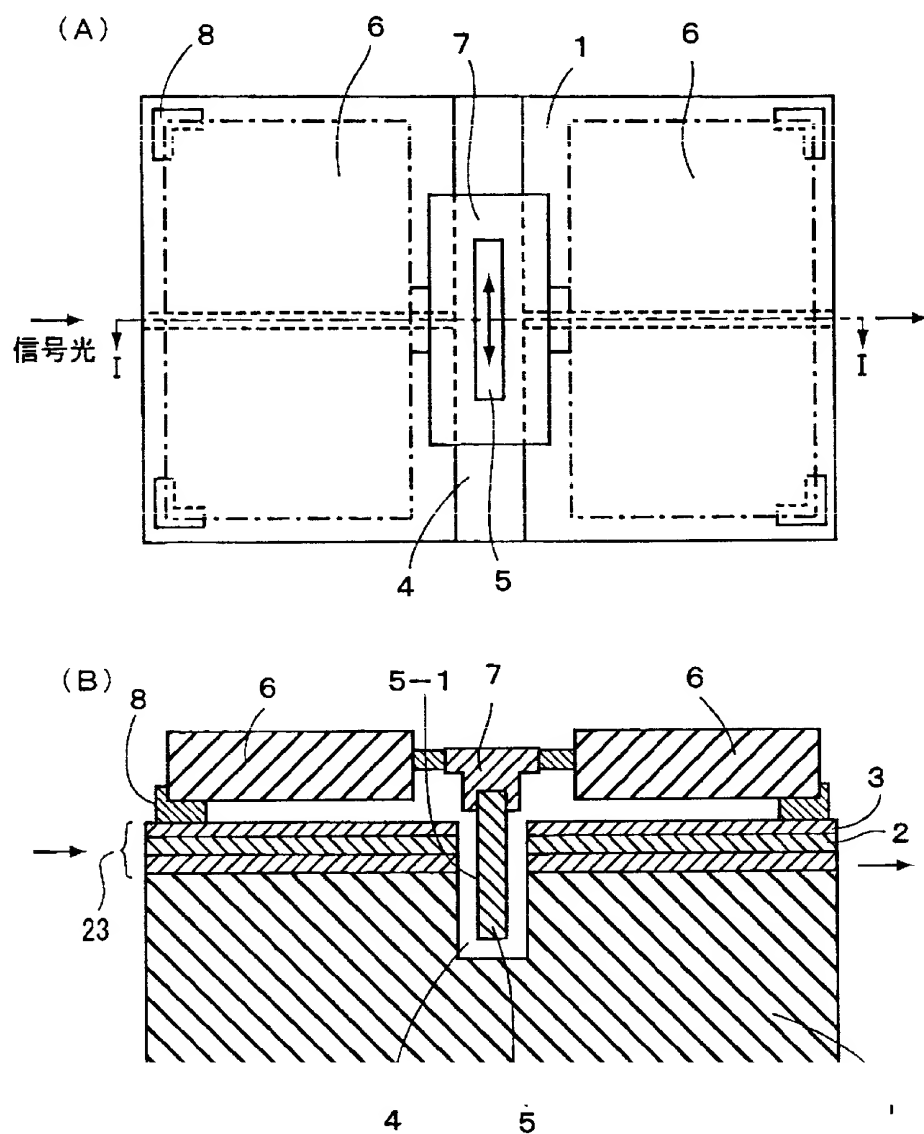
【図1】



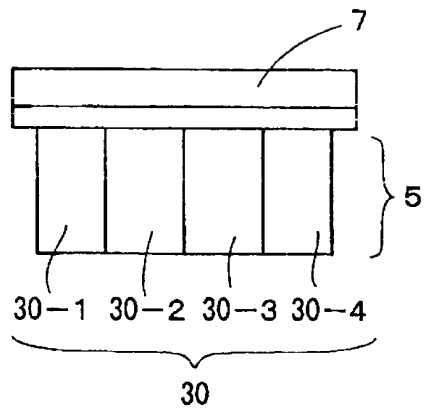
【図 2】



【图 3】

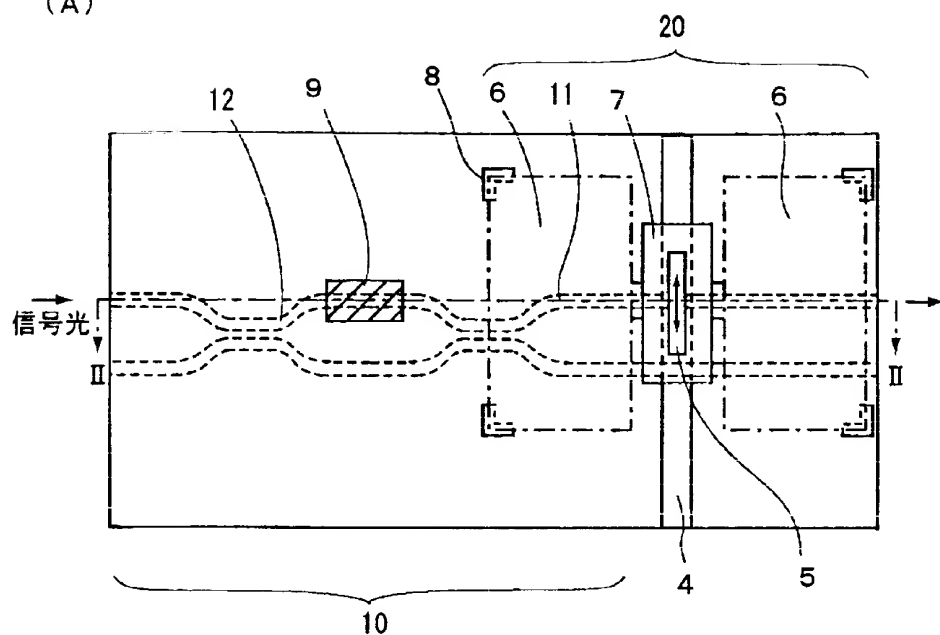


【図 4】

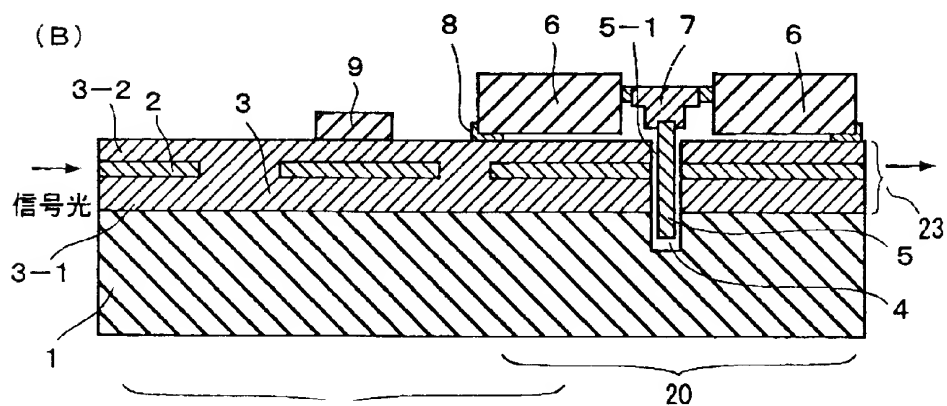


【図 5】

(A)

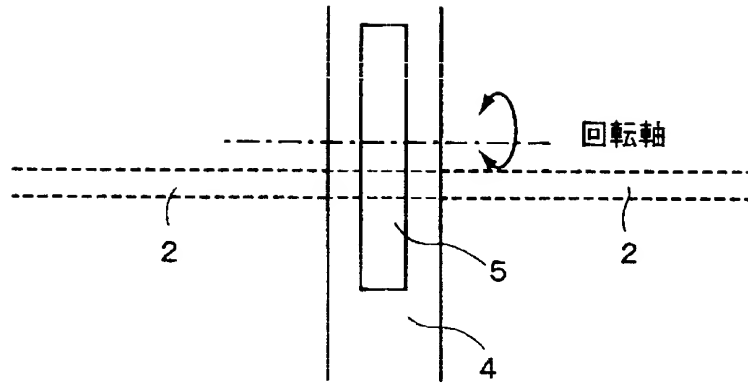


(B)

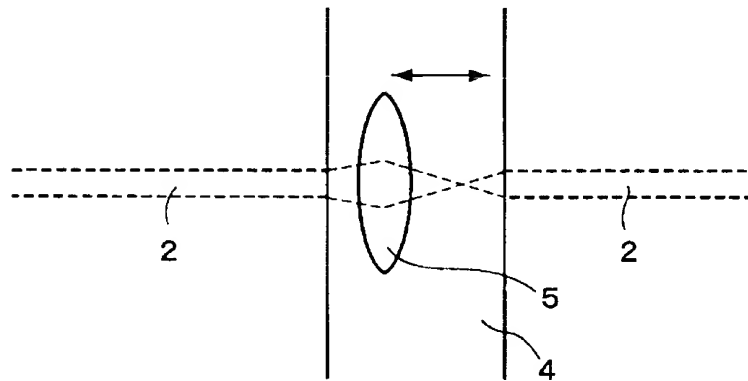


【図6】

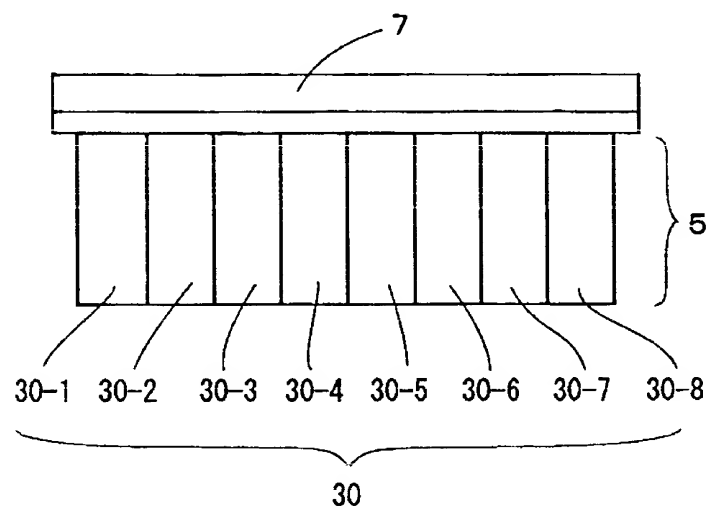
(A)



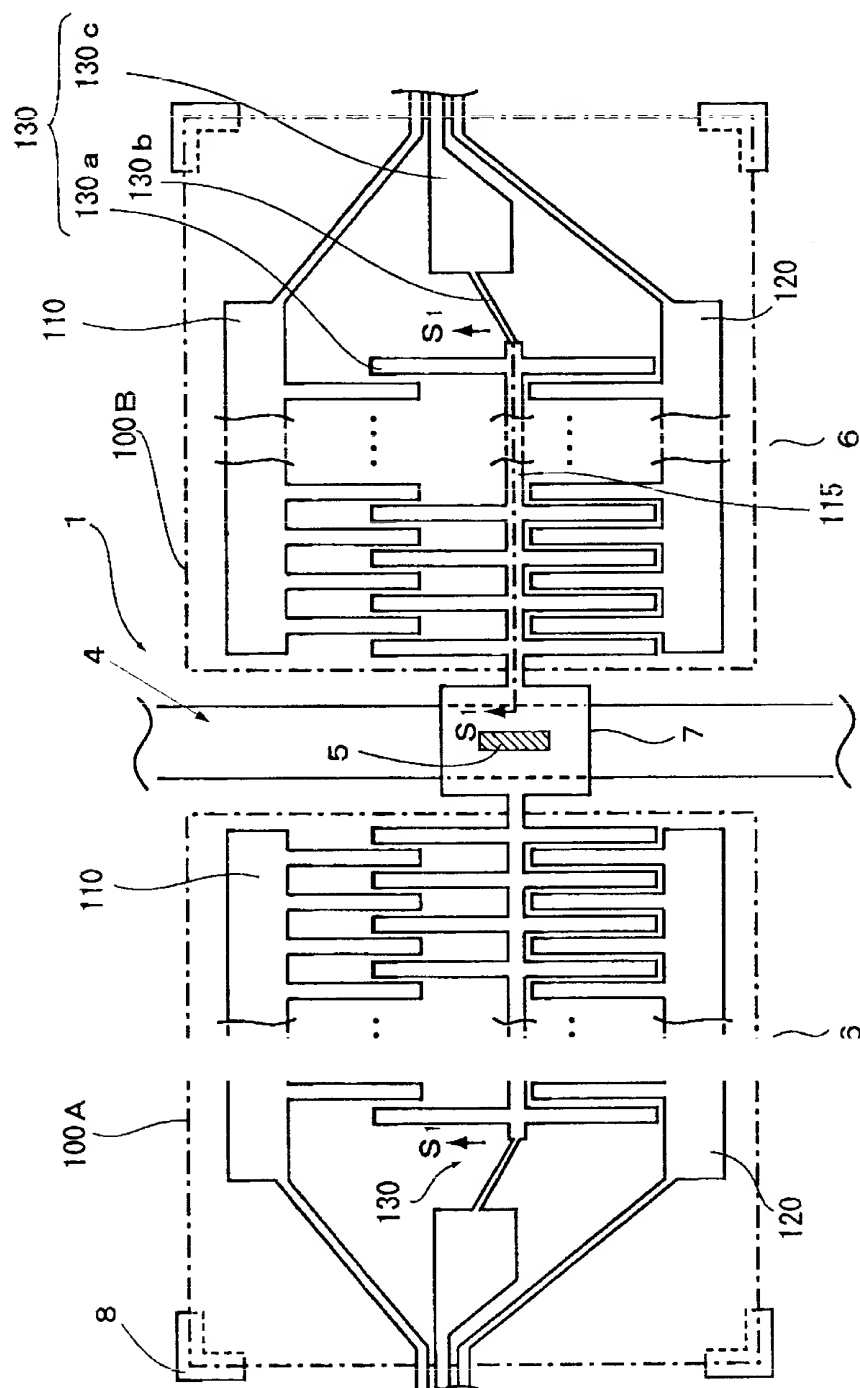
(B)



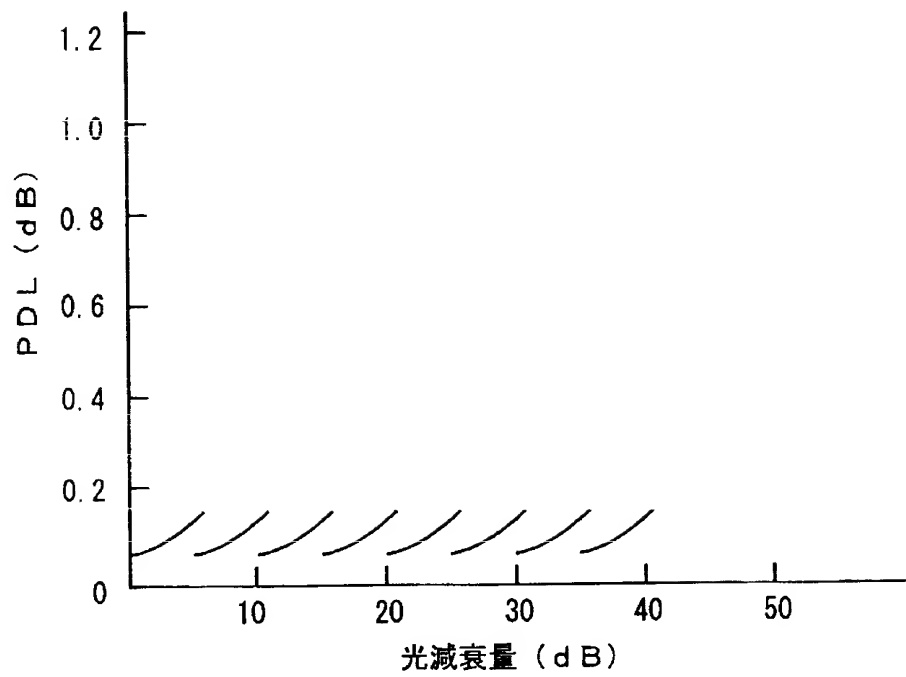
【図 7】



【图 8】

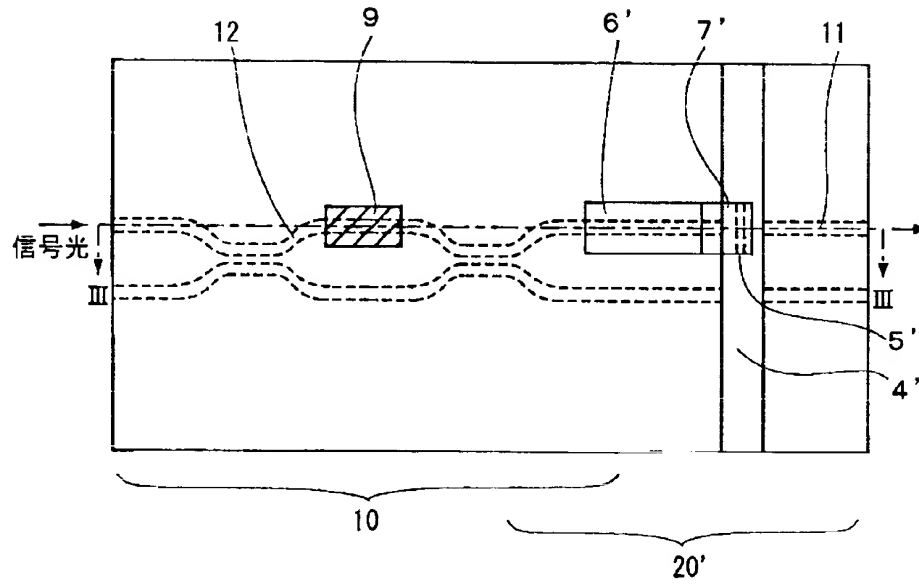


【図 9】

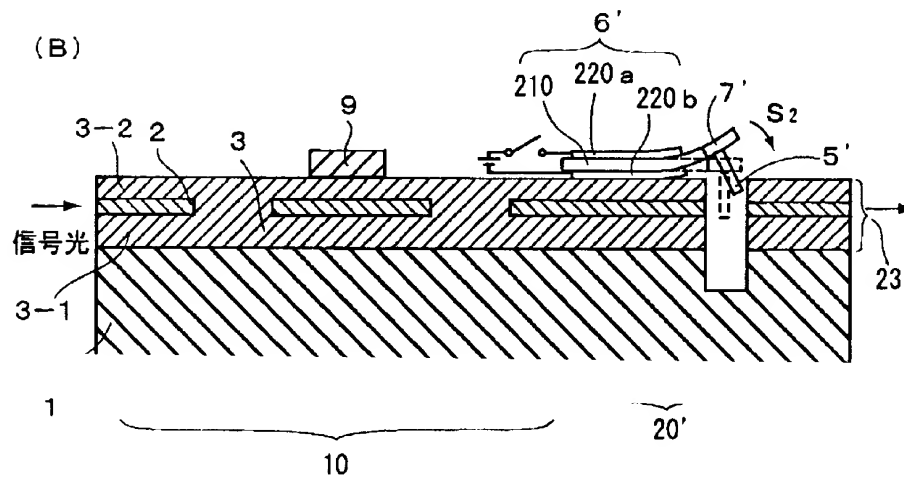


【図 1 0】

(A)

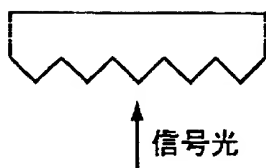


(B)

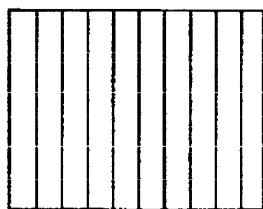


【図11】

(A)



(B)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低消費電力で小型・集積化に優れ、広範な光可変減衰領域全てで偏波依存性の優れた光可変減衰機能を有する光デバイスを提供する。

【解決手段】 基板 1 上にコア 2 とこのコア 2 を覆うクラッド 3 とからなる光導波路 2 3 が形成され、この光導波路 2 3 の厚さ以上の深さを有しコア 2 を横切るように基板 1 に設けられた溝 4 内に光学素子 5 が移動可能に配置されており、この光学素子 5 における信号光の受光側には異なる減衰量を有する複数のミラーが設けられている。この光学素子 5 を光導波路 2 3 上に設けられたアクチュエート機能部 6 によって移動することにより、光導波路 2 3 を伝搬する信号光の減衰量が可変される。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-366912
受付番号	50001552428
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成12年12月 4日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年12月 1日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

氏 名 住友電気工業株式会社